

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC869 U.S. PTO  
09/616372  
07/13/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 7月16日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第203562号

出 願 人

Applicant (s):

株式会社デンソー

2000年 6月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦

出証番号 出証特2000-3045957

【書類名】 特許願

【整理番号】 IP3809

【提出日】 平成11年 7月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

【氏名】 小邑 篤

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

【氏名】 加藤 久登

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

【氏名】 大槻 浩

【特許出願人】

【識別番号】 000004260

【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

【識別番号】 100100022

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 洋二

【電話番号】 052-565-9911

【選任した代理人】

【識別番号】 100108198

【弁理士】

【氏名又は名称】 三浦 高広

【電話番号】 052-565-9911

【選任した代理人】

【識別番号】 100111578

【弁理士】

【氏名又は名称】 水野 史博

【電話番号】 052-565-9911

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038287

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 酸化膜厚測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板（１）上に酸化膜（８）を形成したのち、該酸化膜に光を照射することによって該光の変化に基づいて前記酸化膜の膜厚を測定する酸化膜厚測定方法において、

前記基板上に前記酸化膜を形成したのち、該酸化膜形成後から前記酸化膜厚測定までの間の放置時間を管理し、該放置時間に基づいて酸化膜の膜厚測定を行うことを特徴とする酸化膜厚測定方法。

【請求項 2】 前記測定された酸化膜厚を前記放置時間に基づいて補正し、実際の酸化膜厚を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の酸化膜厚測定方法。

【請求項 3】 基板（１）上に酸化膜（８）を形成したのち、該酸化膜に光を照射することによって該光の変化に基づいて前記酸化膜の膜厚を測定する酸化膜厚測定方法において、

前記酸化膜が形成されてから酸化膜厚を測定するまでの間の放置時間を  $t$ 、測定された酸化膜厚を  $y$ 、酸化膜の周辺の雰囲気に基づいて規定される定数を  $a$ 、実際の酸化膜厚を  $b$  とすると、

【数 1】

$$y = a \cdot \ln(t) + b$$

を用いて、前記測定された酸化膜厚  $y$  を補正して、前記実際の酸化膜厚  $b$  を求めることを特徴とする酸化膜厚測定方法。

【請求項 4】 前記酸化膜の形成誤差による酸化膜厚のバラツキを  $S$ 、前記放置時間に応じて発生する酸化膜変動バラツキを  $T$ 、要求される酸化膜厚の幅を  $U$  としたとき、前記酸化膜変動バラツキ  $T$  が、

【数 2】

$$\sqrt{\frac{S^2 + T^2}{2}} \leq U$$

を満たすよう前記放置時間以内に前記酸化膜厚測定を行うことを特徴とする請

求項 1 乃至 3 のいずれか 1 つに記載の酸化膜厚測定方法。

【請求項 5】 基板 (1) 上に酸化膜 (8) を形成したのち、該酸化膜に光を照射することによって該光の変化に基づいて前記酸化膜の膜厚を測定する酸化膜厚測定方法において、

前記酸化膜の膜厚を測定する前に前記酸化膜の表面を洗浄することを特徴とする

【請求項 6】 前記酸化膜表面の洗浄は、キャロスもしくは  $SC-2$  ( $HCl / H_2O_2$ ) 洗浄によって行うことを特徴とする請求項 5 に記載の酸化膜厚測定方法。

【請求項 7】 前記酸化膜表面の洗浄を行ったのち、該洗浄後から前記酸化膜厚測定までの間の放置時間を管理し、該放置時間に基づいて酸化膜の膜厚測定を行うことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の酸化膜厚測定方法。

【請求項 8】 前記測定された酸化膜厚を前記放置時間に基づいて補正し、実際の酸化膜厚を求めることを特徴とする請求項 7 に記載の酸化膜厚測定方法。

【請求項 9】 前記酸化膜が形成されてから酸化膜厚を測定するまでの間の放置時間を  $t$ 、測定された酸化膜厚を  $y$ 、酸化膜の周辺の雰囲気に基づいて規定される定数を  $a$ 、実際の酸化膜厚を  $b$  とすると、

【数 3】

$$y = a \cdot \ln(t) + b$$

を用いて、前記測定された酸化膜厚  $y$  を補正して、前記実際の酸化膜厚  $b$  を求めることを特徴とする請求項 7 に記載の酸化膜厚測定方法。

【請求項 10】 前記酸化膜の形成誤差による酸化膜厚のバラツキを  $S$ 、前記放置時間に応じて発生する酸化膜変動バラツキを  $T$ 、要求される酸化膜厚の幅を  $U$  としたとき、前記酸化膜変動バラツキ  $T$  が、

【数 4】

$$\sqrt{\frac{S^2 + T^2}{2}} \leq U$$

を満たすよう前記放置時間以内に前記酸化膜厚測定を行うことを特徴とする請求項 5 乃至 9 のいずれか 1 つに記載の酸化膜厚測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板上に形成する酸化膜の膜厚の評価方法に関するもので、例えば、トランジスタのゲート酸化膜の膜厚評価に用いて好適である。

【0002】

【従来の技術】

近年、LSIにおけるMOSトランジスタのゲート酸化膜は集積度の向上、高速化のニーズから100Å以下まで薄膜化が進んでいる。このため、ゲート酸化膜を高精度に測定することが求められている。このため、測定誤差を少なくするという観点からゲート酸化膜の膜厚の測定精度を高めることが試みられてきた。

【0003】

その代表例として、光学機器にてゲート酸化膜に光を照射し、屈折率や吸収係数を求めることによって、ゲート酸化膜の膜厚を検出するという偏光解析法を用いたエリプソや、光干渉法を用いたナノスペックがある。（参考文献；電気学会通信教育会著「電気学会大学講座 電子材料工学」p. 228～p. 231、金原 榮・藤原 英夫著「応用物理学選書 3. 薄膜」p. 200～p. 203）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の光学機器を使用してゲート酸化膜の膜厚を測定したところ、この光学機器の測定誤差とは言えないほど大きなバラツキが発生した。

【0005】

このような場合、ゲート酸化膜の膜厚測定が正確に行えず、ゲート酸化膜の管理、評価などを行うのを困難にさせる。

【0006】

本発明は上記点に鑑みて、絶縁膜の膜厚測定が正確に行えるようにし、絶縁膜

の管理、評価などが容易に行えるようにすることを目的とする。

【0 0 0 7】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記したゲート酸化膜の測定結果で発生した膜厚バラツキについて明確化すべく、さらなる実験及び検討を行った。

【0 0 0 8】

その結果、半導体基板の上に酸化膜を形成してから放置しておく、光学機器によって測定される見かけ上の酸化膜厚が増加するということを発見した。

【0 0 0 9】

この見かけ上の酸化膜厚の変化と酸化膜を形成した後の放置時間との関係を図 3 に示す。このように、本実験では、見かけ上の酸化膜厚は酸化膜を形成した後の放置時間に応じて変化しており、放置時間が長くなるほど見かけ上の酸化膜厚が大きくなるような結果となっている。

【0 0 1 0】

そこで、このような実験結果が得られた原因を明確にすべく、光学機器による酸化膜の膜厚測定方法について検討を行った。

【0 0 1 1】

上述したように、光学機器による酸化膜の膜厚測定は、酸化膜に光を照射し、屈折率や吸収係数を求めること等によって行っている。つまり、酸化膜に入射された光の変化に基づいて酸化膜の膜厚を測定している。従って、酸化膜上に付着物があったりしても屈折率等が微妙に変化し、あたかも酸化膜の膜厚が増加したように測定される可能性がある。

【0 0 1 2】

このため、見かけ上膜厚が増加した酸化膜の表面を洗浄液に浸し、もう一度酸化膜の膜厚測定を行ってみた。その結果、測定された酸化膜の膜厚は、酸化膜形成直後に計った酸化膜の膜厚に戻っていた。このことから、酸化膜形成後に放置していた場合、酸化膜上に付着物（例えば、空気中の水分や炭素）があったために見かけ上の酸化膜厚が増加していたのであるといえる。

【0 0 1 3】

また、酸化膜の表面を洗浄した後、改めて酸化膜を放置し、放置時間に対する酸化膜厚の変化を調べたところ、上記した酸化膜形成後における実験結果と同様の結果が得られた。このことから、酸化膜を放置しておく、空気中の水分や炭素が酸化膜上に付着して、見かけ上の酸化膜厚が増加しているといえる。

## 【0014】

そこで、上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、基板上に酸化膜を形成したのち、該酸化膜形成後から酸化膜厚測定までの間の放置時間を管理し、該放置時間に基づいて酸化膜の膜厚測定を行うことを特徴としている。

## 【0015】

このように、酸化膜形成後からの放置時間を管理して、酸化膜厚を測定するようにすれば、正確な酸化膜厚を測定することができる。

## 【0016】

例えば、請求項2に示すように、測定された酸化膜厚を放置時間に基づいて補正し、実際の酸化膜厚を求めることができる。

## 【0017】

具体的には、請求項3に示すように、酸化膜が形成されてから酸化膜厚を測定するまでの間の放置時間を $t$ 、測定された酸化膜厚を $y$ 、酸化膜の周辺の雰囲気に基づいて規定される定数を $a$ 、実際の酸化膜厚を $b$ とし、上記数1にて測定された酸化膜厚 $y$ を補正して、実際の酸化膜厚 $b$ を求めることができる。

## 【0018】

また、請求項4に示すように、酸化膜の形成誤差による酸化膜厚のバラツキを $S$ 、放置時間に応じて発生する酸化膜変動バラツキを $T$ 、要求される酸化膜厚の幅を $U$ としたとき、酸化膜変動バラツキ $T$ が、上記数2を満たすような放置時間以内に酸化膜厚測定を行えば、測定された見かけ上の酸化膜厚が実際の酸化膜厚と非常に近いものとして測定することができる。

## 【0019】

さらに、請求項5に示すように、酸化膜の膜厚を測定する直前に酸化膜の表面を洗浄するようにすれば、酸化膜の表面の付着物を除去することができるため、正確な酸化膜厚を測定することができる。



## 【0020】

例えば、請求項6に示すように、酸化膜表面の洗浄は、キャロスもしくはSC-2洗浄によって行うことができる。

## 【0021】

なお、請求項7乃至請求項10に示すように、酸化膜の表面を洗浄したあとにおいても、請求項1乃至請求項4に示す発明等同様に、放置時間の管理等を適用可能である。

## 【0022】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

## 【0023】

## 【発明の実施の形態】

## (第1実施形態)

本実施形態では、本発明の一実施形態である酸化膜の膜厚測定方法をMOSトランジスタの製造工程に適用する場合を説明する。具体的には、MOSトランジスタを含む製品の製造ラインにおいて、酸化膜を形成した際に酸化膜厚を測定し、その酸化膜厚が所望の範囲内に入っていれば製造ラインの後工程に移行させ、範囲外であれば製造ラインから製品を除くという製品不良チェックに適用する場合を説明する。

## 【0024】

図1及び図2にMOSトランジスタの製造工程を示す。以下、この図1及び2に基づいてMOSトランジスタの製造方法について説明すると共に、このMOSトランジスタの製造工程における酸化膜の膜厚測定方法を説明する。

## 【0025】

まず、図1(a)に示すように、シリコン基板1を用意し、シリコン基板1の表面に熱酸化膜2を形成する。そして、フォトリソグラフィ工程及びイオン注入工程を行い、N型ウェル領域3及びP型ウェル領域4をそれぞれ形成する。例えば、N型ウェル領域3を形成する際には、リンを $1 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^{-2}$ でイオン注入し、P型ウェル領域を形成する際には、ボロンを $3.4 \times 10^{13} \text{ a}$

$\text{t o m s} / \text{c m}^{-2}$ でイオン注入するようにしている。

【0026】

次に、ドライブインと呼ばれる高温の熱処理を  $1170^{\circ}\text{C}$  で行ったあと、図1 (b) に示すように、減圧CVD法により窒化膜 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 5 をシリコン基板 1 の上面にデポジションする。その後、フォトエッチングにより窒化膜 5 をパターンニングする。

【0027】

続いて、フォトリソグラフィ工程によりレジストをパターンニングし、チャネルストッパー 6 を形成する領域にボロンを、例えば  $7 \times 10^{13} \text{ a t o m s} / \text{c m}^{-2}$  でイオン注入する。そして、 $\text{N}_2$  雰囲気でのアニールを施し、チャネルストッパー 6 が形成される。

【0028】

そして、図1 (c) に示すように、熱酸化によって、N型ウェル領域とP型ウェル領域との境界部にLOCOS酸化膜 7 を形成して、素子分離を行う。この後、窒化膜 5 及びLOCOS酸化膜 7 以外の酸化膜領域を除去し、図2 (a) に示すように、新たに熱酸化によってゲート酸化膜 8 を形成する。このゲート酸化膜 8 について、本発明の一実施形態である酸化膜の膜厚測定方法を適用する。

【0029】

具体的には、ゲート酸化膜 8 に光を照射し、屈折率や吸収係数を求めることによって、ゲート酸化膜 8 の膜厚を検出するという偏光解析法を用いたエリプソメータを使用してゲート酸化膜 8 の膜厚を測定する。この時、ゲート酸化膜 8 を形成した後、所定時間経過するまでの間にゲート酸化膜厚を測定する。

【0030】

上述したように、ゲート酸化膜 8 を形成後に放置しておく、と、放置時間に応じて測定される見かけ上のゲート酸化膜厚が増加するため、正確なゲート酸化膜厚を測定することができない。従って、このようにゲート酸化膜厚を測定する時間を管理し、ゲート酸化膜 8 を形成後、所定時間内に膜厚測定を行うことで見かけ上のゲート酸化膜厚が増加する前に正確なゲート酸化膜厚を測定することができる。

## 【0031】

このゲート酸化膜厚を測定する所定時間を短くすればするほど、より正確なゲート酸化膜厚を得られるが、以下のようにして決定してもよい。

## 【0032】

例えば、工程を管理する幅（規格）に対して許容できる膜厚バラツキを計算により求めるようにしてもよい。

## 【0033】

具体的には、工程内のバラツキを求める場合によく用いられる2乗和の計算式によって求めることができる。

## 【0034】

【数5】

$$\sqrt{\frac{S^2 + T^2}{2}} \leq U$$

## 【0035】

ただし、Sはゲート酸化膜厚のバラツキを示し、Tは放置時間に対するゲート酸化膜厚の変動バラツキを示し、Uは工程管理の幅（規格の幅）を示している。なお、バラツキは3σで計算する。

## 【0036】

この数5を満たすバラツキの幅を求めたのち、実験結果に基づいてバラツキの幅となる放置時間を見出せば上記所定時間が設定される。なお、後述する第2実施形態で示す近似式に基づいてバラツキの幅を求めてもよい。

## 【0037】

このようにして、ゲート酸化膜厚を測定した後、ゲート酸化膜厚が所望の範囲内であれば後工程に移行し、範囲外であれば製品を製造ラインから取り除く。

## 【0038】

そして、適合する製品については、図2（a）に示すように、ゲート酸化膜8上にゲート電極9をパターニングする。続いて、図2（b）に示すように、ゲ-

ト電極 9 の両側にソース 1 0、ドレイン 1 1 を形成したのち、ゲート電極 9 上を含むシリコン基板 1 の上面に C V D 酸化膜 1 2 を形成し、リフロー処理後、C V D 酸化膜 1 2 にコンタクトホール 1 2 a を形成する。その後、コンタクトホール 1 2 a 内を含む C V D 酸化膜の上に電気配線をパターンニングし、図示しない保護膜で覆って M O S トランジスタが形成される。

【 0 0 3 9 】

このように、ゲート酸化膜 8 の膜厚測定をゲート酸化膜 8 の形成後早期に行うように測定時間管理を行うことにより、正確なゲート酸化膜厚を測定することができる。

【 0 0 4 0 】

(第 2 実施形態)

本実施形態では、測定される見かけ上の酸化膜厚を補正し、正確な酸化膜厚を測定する。なお、本実施形態の酸化膜厚測定方法の適用対象は第 1 実施形態の M O S トランジスタと同様であり、測定された酸化膜厚に基づいて製品不良チェックするということも同様であるため、酸化膜厚の補正についてのみ説明する。

【 0 0 4 1 】

上述したように、ゲート酸化膜 8 の形成後に放置しておいた場合、放置時間と見かけ上のゲート酸化膜厚とは図 3 に示す関係となる。

【 0 0 4 2 】

この酸化膜厚の見かけ上の増加量を近似式で示すと、数 6 のように表される。

【 0 0 4 3 】

【数 6】

$$y = a \cdot \ln(t) + b$$

ただし、 $t \geq 1$  とし、 $y$  の単位は Å である。

【 0 0 4 4 】

ここで、 $a$  及び  $b$  は定数である。また、 $t$  はゲート酸化膜 8 を形成してから膜厚測定までに放置された時間である。 $a$  はクリーンルーム等のウェハ周辺の雰囲気（温度、湿度）により決まり、実測値では約 0.5 ～ 1.5 であった。また、 $b$  はゲート酸化膜 8 の形成直後（ $t = 1 \text{ min}$  のとき）の酸化膜厚である。

## 【0045】

なお、この近似式で  $t = 1 \text{ min}$  以下にできないのは、放置時間がほとんどないとしたときを  $t = 0 \text{ min}$  とすると数6による酸化膜厚の測定結果が  $0 \text{ \AA}$  となり、ゲート酸化膜8が存在しないことになってしまうからである。ただし、実際には酸化膜8の形成後、酸化膜形成用の装置からウェハを取り出して酸化膜厚を測定することになるため、ある程度の時間 ( $1 \text{ min}$  以上) が経過しており、上記近似式を適用することに不都合はない。

## 【0046】

このように、ゲート酸化膜8の見かけ上の増加量が数6で近似されるため、ゲート酸化膜8を形成した後の放置時間に応じてゲート酸化膜8の見かけ上の増加量を算出することができる。

## 【0047】

このため、測定された見かけ上のゲート酸化膜厚から算出された見かけ上の増加量を減算すれば、ゲート酸化膜厚が補正され、実際のゲート酸化膜厚を求めることができる。このように、ゲート酸化膜8を形成したのちの放置時間を管理（記憶）し、近似式を用いて見かけ上のゲート酸化膜厚を補正することにより、正確なゲート酸化膜厚を検出することができる。

## 【0048】

参考として、上記数6を適用して実際のゲート酸化膜のバラツキを定量化した結果を図4に示す。この図は、ゲート酸化膜8の形成後の放置時間が異なる多数のサンプル（サンプルA～J）のゲート酸化膜厚をエリプソメータで測定し、その測定結果を上記数6を用いて補正した結果を示したものである。この図において、点線部分は測定された見かけ上のゲート酸化膜厚を示しており、実線部分が近似式による補正後のゲート酸化膜厚を示している。また、各サンプルの符号の上に記載されているのが各サンプルの放置時間を示している。

## 【0049】

この図に示されるように、エリプソメータによる測定値では、ゲート酸化膜厚に大きなバラツキが生じているが、補正後の結果ではゲート酸化膜厚のバラツキが非常に小さくなっている。

## 【 0 0 5 0 】

これは、上記近似式によって補正しない場合には、実際のゲート酸化膜厚が所望の範囲内にあるにもかかわらず、測定されるゲート酸化膜厚にバラツキが生じるため、ゲート酸化膜厚が所望の範囲外であると判断を誤る場合があったことを示している。

## 【 0 0 5 1 】

このように、上記数 6 を用いて測定されたゲート酸化膜厚を補正することにより、ゲート酸化膜厚が所望の範囲内にあるにもかかわらず、所望の範囲外であると誤判断してしまうことを防止することができる。

## 【 0 0 5 2 】

なお、本実施形態のように近似式を用いて補正したゲート酸化膜厚の信頼性について、製品製造後に容量（ゲート電極とシリコン基板との間としての容量）から求めたゲート酸化膜厚と比較した結果を図 5 に示す。また、参考としてエリプソメータによる測定値、すなわち近似式による補正前のゲート酸化膜厚も図中に示す。

## 【 0 0 5 3 】

この図に示されるように、近似式により補正したゲート酸化膜厚は容量から求めたゲート酸化膜厚とほとんど対応しており、非常に相関が取れた関係となっている。一方、近似式による補正前のゲート酸化膜厚は容量から求めたゲート酸化膜厚と対応がとれていない。

## 【 0 0 5 4 】

このように、近似式による補正によって信頼性の高いゲート酸化膜厚が求められる。

## 【 0 0 5 5 】

## （第 3 実施形態）

上述したように、ゲート酸化膜 8 の表面の付着物によって測定される見かけ上のゲート酸化膜厚にバラツキが生じている。このため、本実施形態では、ゲート酸化膜 8 の表面の付着物を除去することにより、ゲート酸化膜厚を正確に図れるようにする。

## 【 0 0 5 6 】

なお、本実施形態の酸化膜厚測定方法の適用対象は第 1 実施形態の M O S トランジスタと同様であり、測定された酸化膜厚に基づいて製品不良チェックするということも同様であるため、ゲート酸化膜 8 の表面の付着物の除去についてののみ説明する。

## 【 0 0 5 7 】

まず、第 1 実施形態と同様の工程を施して、シリコン基板 1 にゲート酸化膜 8 を形成する。そして、ゲート酸化膜厚を測定する直前に洗浄液によってゲート酸化膜 8 の表面の付着物を除去する。

## 【 0 0 5 8 】

具体的には、キャロスの洗浄液内にウェハを浸すことによって、付着物を除去する。その後、エリプソメータにてゲート酸化膜厚を測定する。これにより、付着物による影響を受けずにゲート酸化膜厚を測定することができるため、正確なゲート酸化膜厚を測定することができる。

## 【 0 0 5 9 】

参考として、図 6 ( a ) に、キャロス洗浄による付着物の除去を行う前後におけるゲート酸化膜厚の測定結果を示す。この図は、ゲート酸化膜 8 を形成してから放置時間を 4 9 m i n としてゲート酸化膜厚を測定したのち、さらに放置時間を 1 6 0 6 7 m i n として再度ゲート酸化膜厚を測定し、その後、キャロス洗浄をして 5 0 m i n 後にまたたびゲート酸化膜厚を測定した結果を示している。

## 【 0 0 6 0 】

この図に示されるように、ゲート酸化膜形成後、あまり放置していない場合（放置時間 4 9 m i n ）に対して、長く放置していると、測定される見かけ上のゲート酸化膜厚が増加しているのが分かる。これに対して、キャロス洗浄を施すと、再びゲート酸化膜 8 の形成後あまり放置していない場合と同等のゲート酸化膜厚に戻っている。

## 【 0 0 6 1 】

この測定結果からも、ゲート酸化膜厚を測定する直前にゲート酸化膜 8 の表面の付着物を洗浄によって除去することにより、正確なゲート酸化膜厚を検出する

ことができる。

【0062】

また、この洗浄工程の後に、ウェハを放置してゲート酸化膜厚を測定したところ、測定される見かけ上のゲート酸化膜厚は洗浄前に増加していたときと同様の関係（放置時間に対する増加量の関係）を持って増加していた。

【0063】

このことから、見かけ上のゲート酸化膜厚の増加のメカニズムは、空気中に含まれている物質が付着することによって屈折率等が微妙に変化するためであると言える。

【0064】

このように、ゲート酸化膜 8 の表面の付着物を除去することにより、付着物による影響を受けずに正確にゲート酸化膜厚を測定することができる。また、本実施形態においては、洗浄前においてウェハをどれだけの時間放置していたか分からない場合であっても、洗浄後からの放置時間管理によって正確なゲート酸化膜厚を測定することが可能であるという効果が得られる。

【0065】

なお、上述したように、洗浄後においてもウェハを放置しておくで見かけ上のゲート酸化膜厚は増加していくため、洗浄後は第 1 実施形態と同様に所定時間内にゲート酸化膜厚を測定する必要がある。

【0066】

本実施形態では、キャロス洗浄によって付着物を除去したが、キャロスの他の洗浄液、例えば SC-2 液（HPM 液；塩酸（HCl）と過酸化水素（ $H_2O_2$ ）の混合液）を用いてもよい。

【0067】

図 6（b）に、SC-2 洗浄による付着物の除去を行う前後におけるゲート酸化膜厚の測定結果を示す。この図は、図 6（a）と同様の時間、ウェハを放置したのち、SC-2 洗浄を施し、ゲート酸化膜厚を測定した結果を示している。

【0068】

この図から分かるように、洗浄液として SC-2 を用いた場合においてもキャ



ロス洗浄を行った場合と同様の結果が得られた。

【0069】

この結果及びキャロス洗浄による結果から検討すると、キャロス、SC-2 洗浄によって付着物が洗浄されていることから、キャロス中に含まれる硫酸 ( $H_2SO_4$ ) や SC-2 に含まれる塩酸 (HCl) に溶解もしくは反応する空気中の水分や炭素がゲート絶縁膜の表面に付着していると考えられる。

【0070】

従って、空気中の水分や炭素が除去できるような洗浄液であればどのようなものを用いてもよいといえる。

【0071】

(他の実施形態)

上記各実施形態では、熱CVD法によるウェット酸化によってゲート酸化膜 8 を形成した場合を示したが、他の方法 (例えばドライ酸化) によってゲート酸化膜 8 を形成した場合についても上記実施形態と同様に放置時間の管理、近似式による補正、洗浄液による付着物の除去などを行った。その結果、上記各実施形態と同様の効果が得られた。このことから、ゲート酸化膜の形成方法によらず、本発明を適用することができるといえる。

【0072】

なお、第 2 実施形態では、見かけ上のゲート酸化膜厚の増加量を数 6 によって近似したが、他の数式 (例えば対数による近似式) によって近似することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施形態のゲート酸化膜の測定方法を適用する MOS トランジスタの製造工程を示す図である。

【図 2】

図 1 に続く MOS トランジスタの製造工程を示す図である。

【図 3】

ゲート酸化膜形成後の放置時間と見かけ上のゲート酸化膜厚の増加量との関係

を示す図である。

【図 4】

第 2 実施形態における近似式を用いて測定されたゲート酸化膜厚を補正した結果を示す図である。

【図 5】

近似式を用いて測定されたゲート酸化膜厚と容量に基づいて算出したゲート酸化膜厚との関係を示す図である。

【図 6】

(a) はキャロス洗浄を施した際のゲート酸化膜厚の変化を測定した結果を示す図であり、(b) は  $\text{CS}_2$  洗浄を施した際のゲート酸化膜厚の変化を測定した結果を示す図である。

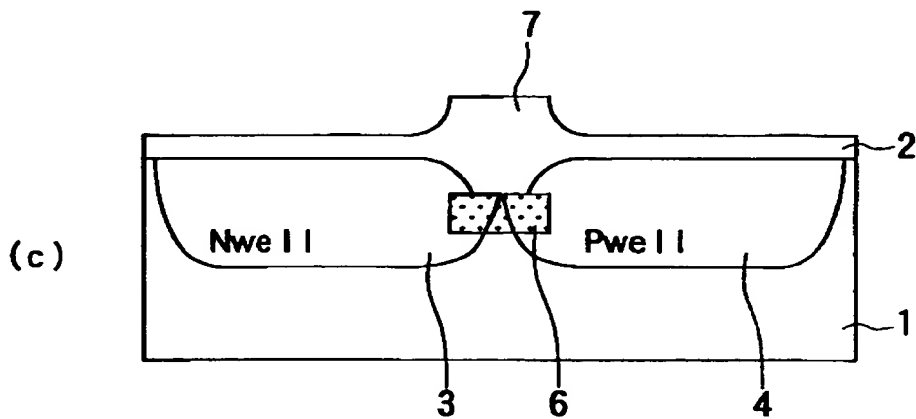
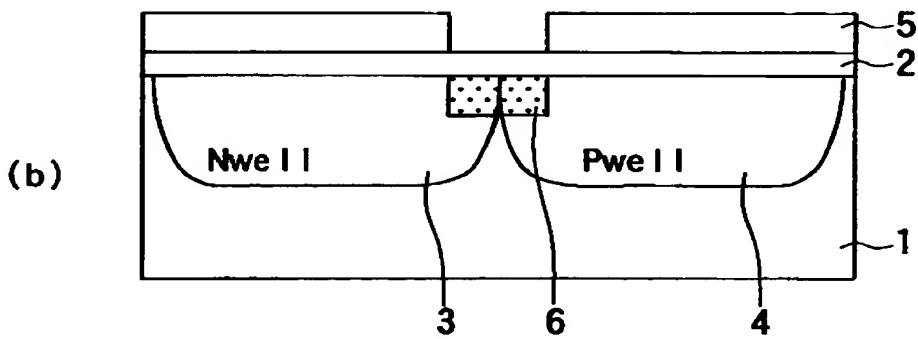
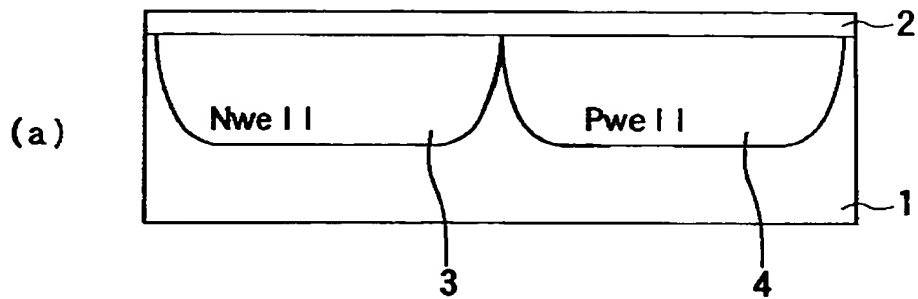
【符号の説明】

1 … シリコン基板、2 … 酸化膜、3 … N 型ウェル領域、4 … P 型ウェル領域、  
5 … シリコン窒化膜、6 … チャネルストッパー、7 … LOCOS 酸化膜、  
8 … ゲート酸化膜、9 … ゲート電極、10 … ソース、11 … ドレイン、  
12 … CVD 酸化膜、12a … コンタクトホール、13 … 電気配線。

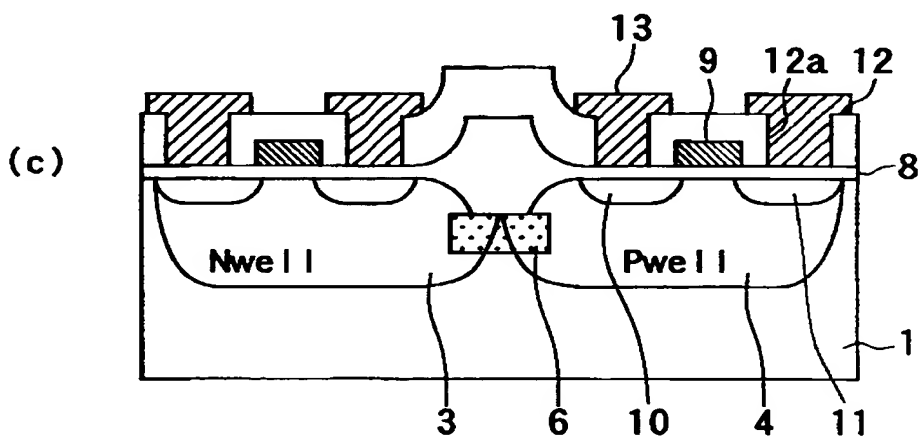
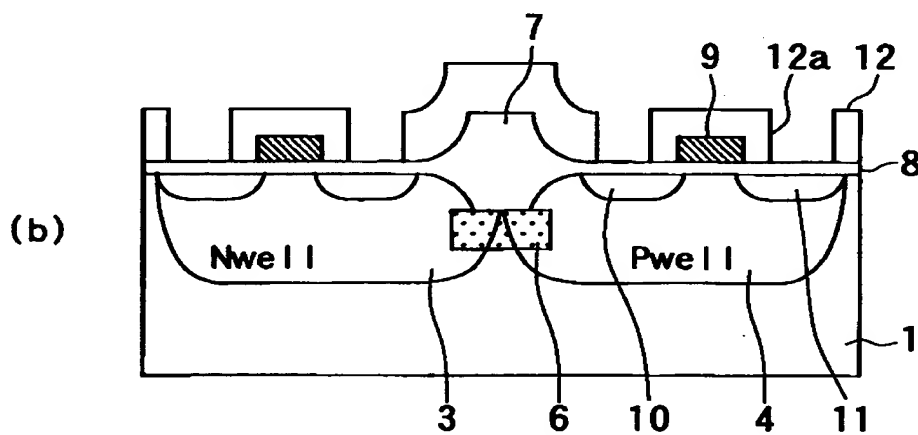
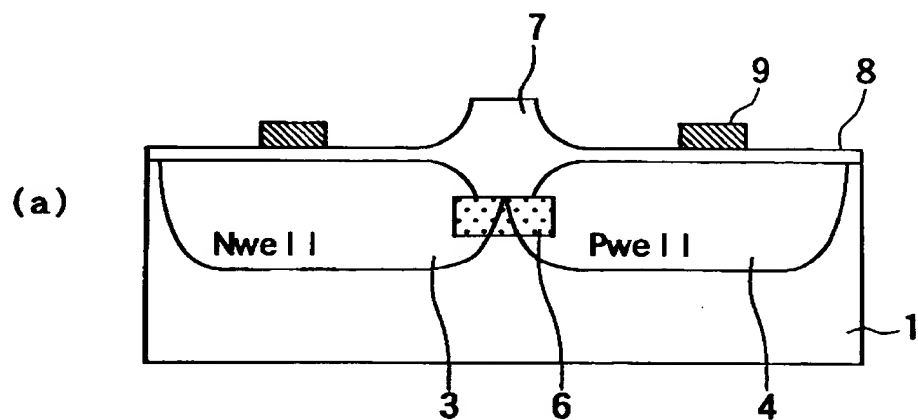
【書類名】

図面

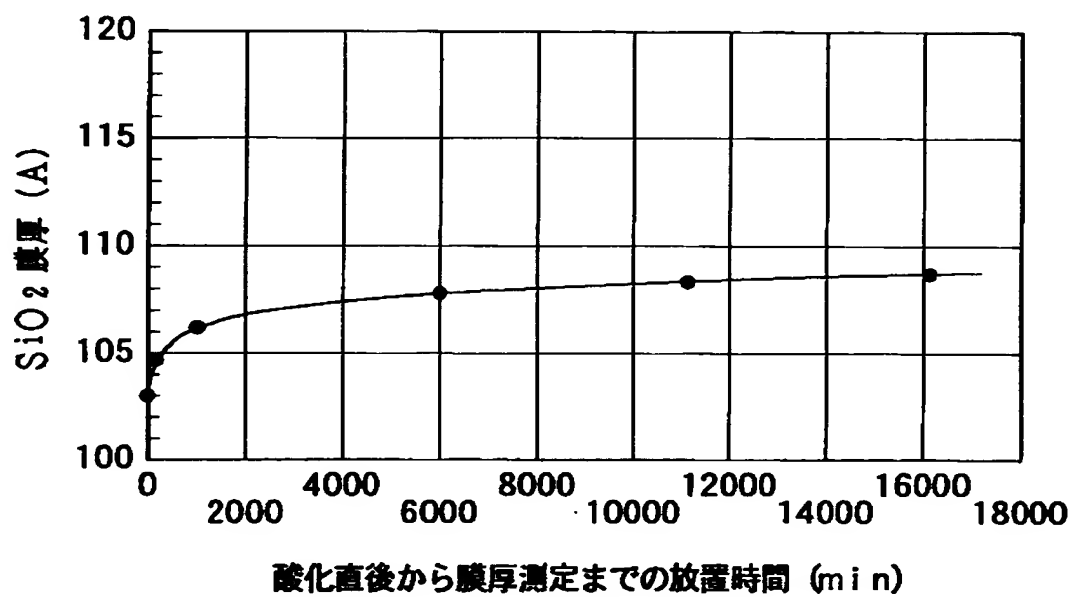
【図 1】



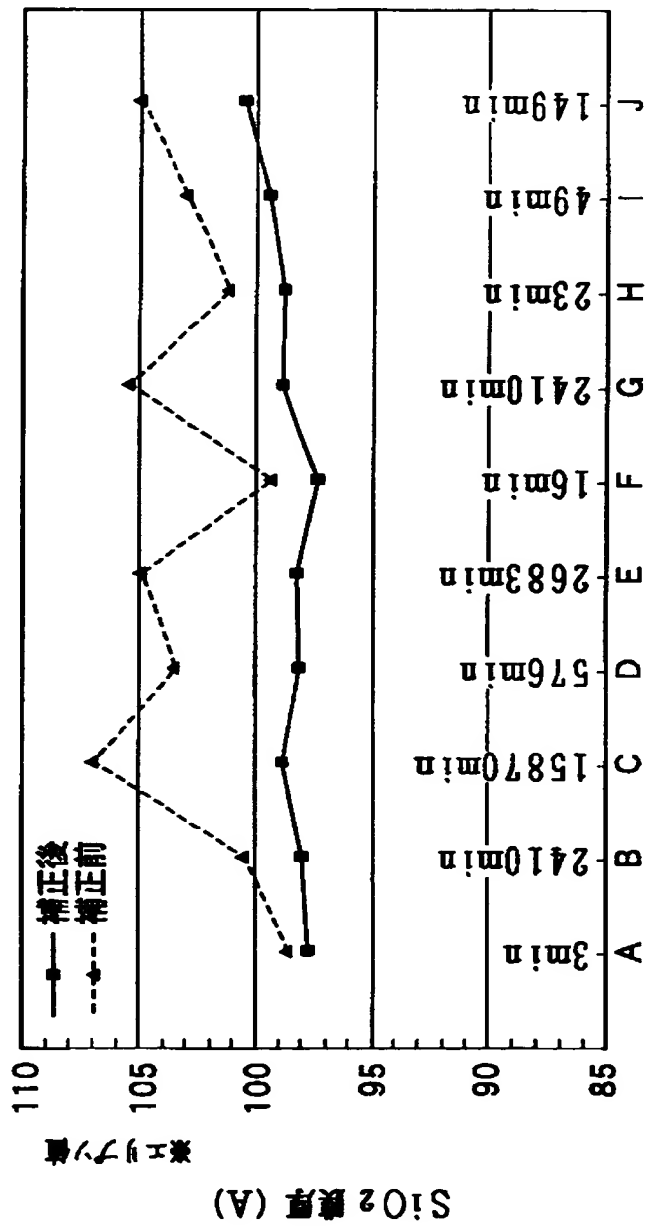
【図 2】



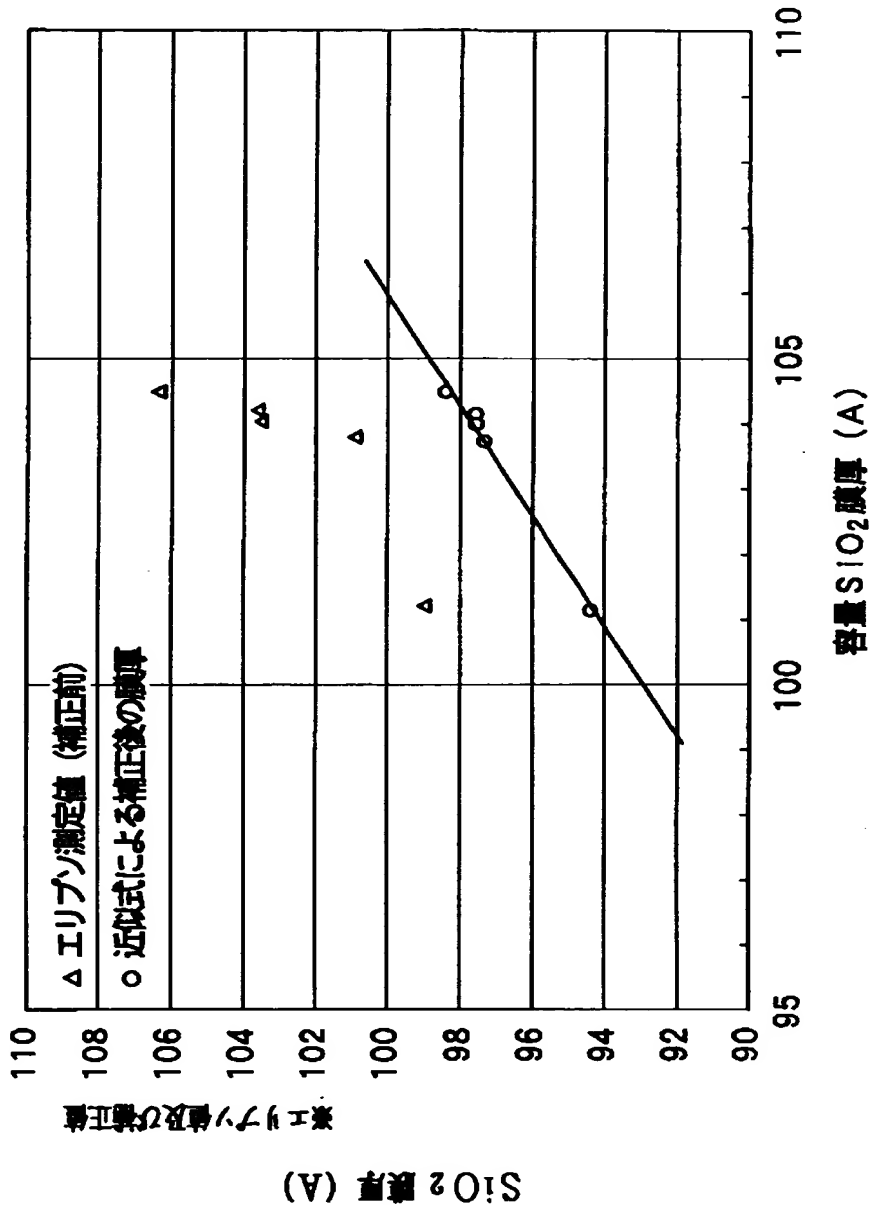
【図 3】



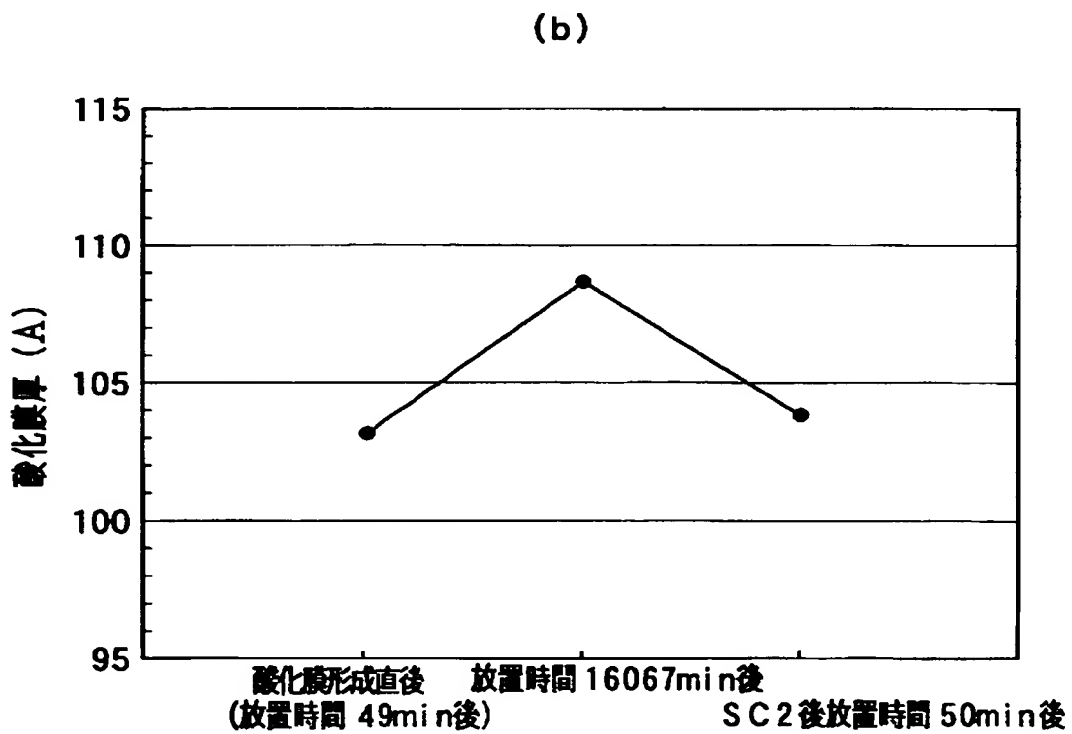
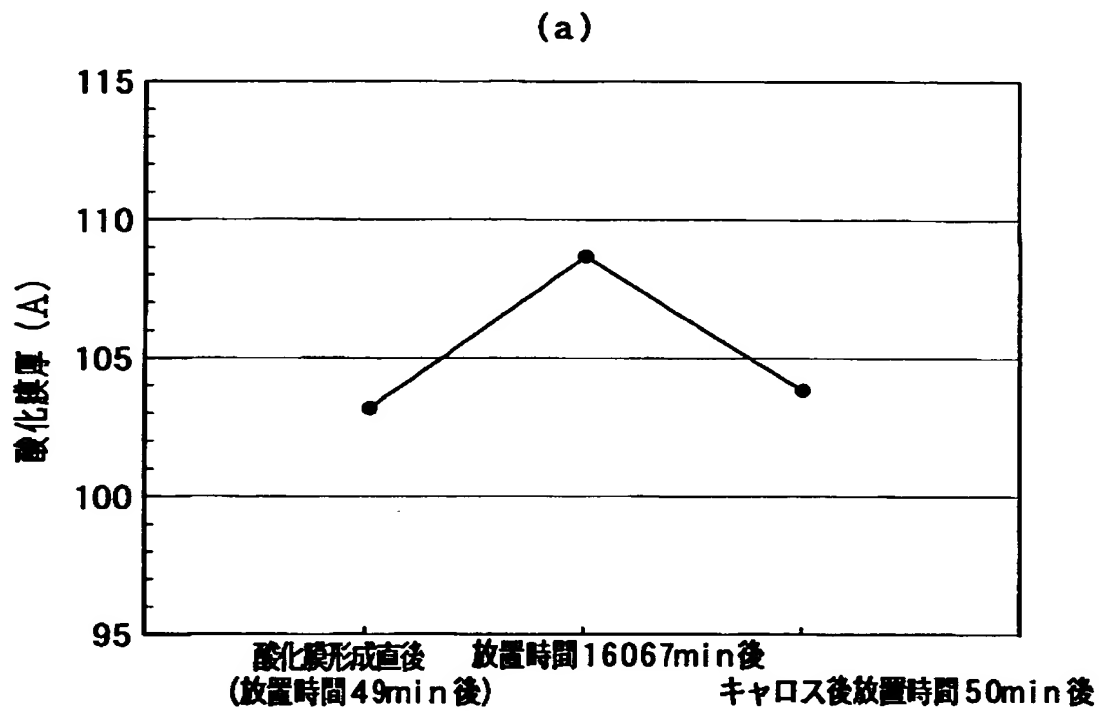
【図4】



【図 5】



【図 6】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 絶縁膜の膜厚測定が正確に行えるようにし、絶縁膜の管理、評価などが容易に行えるようにする。

【解決手段】 シリコン基板 1 上にゲート酸化膜 8 を形成したのち、該ゲート酸化膜 8 の形成後から酸化膜厚測定までの間の放置時間を管理し、該放置時間に基づいてゲート酸化膜 8 の膜厚測定を行う。具体的には、ゲート酸化膜 8 の形成後からの放置時間を管理して、酸化膜厚を測定する。これにより、正確な酸化膜厚を測定することができる。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004260]

1. 変更年月日	1996年10月 8日
[変更理由]	名称変更
住 所	愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
氏 名	株式会社デンソー